■ ยีน ภู่วรวรรณ

หลักสูตรคอมพิวเตอร์ กับการพัฒนาทางด้านไอที

การศึกษาวิชาการคอมพิวเตอร์ (บนเส้นทางที่ควรจะเป็น)

การสร้างบุคลากรทางคอมพิวเตอร์ ต้องมีการวางแผนและชี้นำแนวทางในการพัฒนา ต้องสร้างพื้นฐานและวิธีการเรียนรู้ ให้เกิดขึ้นให้ได้

ประเทศไทยพบกับวิกฤติการณ์ทางเศรษฐกิจครั้งสำคัญตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 การแก้ปัญหาหลายอย่างยังคงดำเนินการอยู่ โดยเฉพาะปัญหาหลายอย่างผู้แก้ไขพยายามแก้ปัญหาแบบเฉพาะหน้า ไม่มีวิสัยทัศน์ที่มองไปข้างหน้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธีการแก้ปัญหาคนว่างงานที่เป็นอยู่ในขณะนี้

ลองนึกดูว่ามีประเทศใดบ้างที่ประกาศว่าจะสร้างบุคลากรคอมพิวเตอร์เป็นจำนวนหมื่นคนภายในเวลาหกเดือน การศึกษาวิชาการคอมพิวเตอร์ใช้เวลาเพียงแค่หกเดือนเท่านั้นหรือ ? ถ้าเป็นเช่นนี้เราน่าจะสร้างบุคลากรคอมพิวเตอร์ได้มากกว่านี้ และคงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมีการเรียนการสอนคอมพิวเตอร์ในระดับสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ บุคลากรที่สร้างขึ้นมานี้จะมีงานทำได้จริงหรือ ถ้าเป็นเช่นนั้นจริง เราน่าจะมีอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์และทำรายได้ให้กับประเทศมากมายแล้ว

ประเทศอินเดียประสบผลสำเร็จในเรื่องการผลิตซอฟต์แวร์อย่างมาก ในปี 1990 รัฐบาลอินเดียได้เริ่มโครงการเขตอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ โดยจัดให้เมืองนิวกะลอร์เป็นเมืองเขตอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ ให้สถาบันการศึกษาเร่งผลิตบุคลากรและวางแผนพื้นฐานโครงสร้างพื้นฐานหลายอย่างประกอบ ในปี 1995 อุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ของอินเดียเริ่มเห็นแววและมาบูมเต็มที่ในปี 1997 อินเดียต้องใช้เวลาในการสร้างเตรียมคนเพื่อให้เป็นโปรแกรมเมอร์ หรือนักคอมพิวเตอร์ โดยใช้เวลามากกว่า 5 ปี จนในปัจจุบันมีนักคอมพิวเตอร์ในเขตอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์เป็นแสนคน อุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ของอินเดียทำรายได้ให้กับประเทศมากกว่า 2,000 ล้านดอลล่าร์ต่อปี อุตสาหกรรมซอฟต์แวร์จึงต้องการบุคลากรคอมพิวเตอร์ และหากได้มีโอกาสพูดคุยกับโปรแกรมเมอร์ชาวอินเดียพบว่าทุกคนจบการศึกษาในหลักสูตรปริญญาตรีทางด้านคอมพิวเตอร์โดยตรง มีการเรียนการสอนไม่น้อยกว่าสี่ปีในหลักสูตรเต็มเวลา

การสร้างคนต้องสร้างจากพื้นฐาน

การที่จะสร้างบุคลากรคอมพิวเตอร์ต้องสร้างจากพื้นฐาน โดยเฉพาะในระดับเด็กนักเรียน ระบบการเรียนการสอนต้องสร้างคนให้มีความคิดริเริ่ม สร้างจินตนาการ วิชาคอมพิวเตอร์เป็นวิชาว่าด้วยเหตุผลและระบบ และที่สำคัญคือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่เป็นเรื่องจินตนาการ การสร้างความคิดให้เป็นรูปธรรม

การวางรากฐานความคิดของเด็กและเยาวชนไทยจึงต้องเน้นในเรื่องพื้นฐานของวิชาการทางด้านคณิตศาสตร์ เพราะวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ว่าด้วยการแก้ปัญหาและการสร้างจินตนาการ การสร้างโมเดล รวมถึงการสร้างงานแบบ abstract หรือนึกคิดวาดภาพในใจ เราจะพบได้ว่าเด็กและเยาวชนไทยไม่ชอบคณิตศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากคะแนนสอบเอ็นทรานซ์ที่ผ่านมา วิชาคณิตศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าสามสิบคะแนนทุกปี

บุคคลที่จะเป็นนักคอมพิวเตอร์ที่ดีจะต้องมีจินตนาการและความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ลองนึกดูว่าถ้าต้องการสร้างโปรแกรมใช้งานโปรแกรมหนึ่ง สิ่งที่เราเห็นจะเพียงแต่อินพุตและเอาต์พุตบนหน้าจอ สิ่งอื่นที่อยู่ภายในต้องจินตนาการเอาเองหมด ต้องวางขั้นตอน วางลำดับ วางวิธีการคิดคำนวณ เพื่อให้ได้ผลตามต้องการ

หลักสูตรคอมพิวเตอร์ กับการพัฒนาทางด้านไอที

คณิตศาสตร์จึงเป็นเรื่องของการสร้างคนให้มีจินตนาการ และการแก้ปัญหา กลไกการทำงานของคอมพิวเตอร์ใช้หลักการคิดคำนวณทั้งสิ้น ดังนั้นพื้นฐานหลายอย่างจำเป็นต้องรับรู้ ตั้งแต่ระบบตัวเลข จำนวน การคิดคำนวณเชิงตัวเลข เรื่องของเซต ความสัมพันธ์ ทฤษฎีกราฟ การจำแนกหมวดหมู่ เรขาคณิต พีชคณิต

พื้นฐานทางคณิตศาสตร์จะทำให้เข้าใจกลไกการคิดคำนวณที่มีประสิทธิภาพ สามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจกับเรื่องของโครงสร้างข้อมูล การจัดการโครงสร้างข้อมูลให้ได้ประสิทธิภาพ และยังเรียนรู้ในเรื่องขั้นตอนวิธีการหรือที่เรียกว่า อัลกอริธึม วิชาการคณิตศาสตร์เป็นฐานที่จำเป็นอย่างมาก โดยหลักการแล้ว ผู้ที่มีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่ดีกว่าจะเป็นผู้ที่เข้าใจหรือเรียนรู้คอมพิวเตอร์ได้ดีกว่า

วิทยาการคอมพิวเตอร์ ไม่ใช่วิชาเขียนโปรแกรม

มีคนจำนวนมากอาจเข้าใจผิดว่า ถ้ารู้เรื่องภาษาคอมพิวเตอร์แล้วจะเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ ดังนั้นจึงพยายามเรียนรู้ภาษาคอมพิวเตอร์ ความคิดเช่นนี้เป็นความคิดที่ผิดอย่างมาก ภาษาคอมพิวเตอร์มีมากมายและเปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัย ถ้าเรียนรู้ภาษาคอมพิวเตอร์ให้ครบทุกภาษาก็คงต้องเสียเวลาเรียนไปตลอดชีวิตและคงไม่ได้อะไร ดังนั้นการเรียนในวิทยาการคอมพิวเตอร์จึงไม่ได้เป็นที่ตัวภาษา แต่เป็นหลักการและวิธีการของการเขียนโปรแกรม ซึ่งรูปแบบวิธีการเขียนโปรแกรมก็เปลี่ยนแปลงตามการพัฒนาของเทคโนโลยี เช่น แต่เดิมโปรแกรมคอมพิวเตอร์เขียนแบบความคิดเป็นลำดับจึงเน้นโปรแกรมโครงสร้าง ต่อมามีการคิดแบบแนวคิดขนานหรือเขียนโปรแกรมแบบขนาน เขียนโปรแกรมเชิงลอจิก เช่น ภาษาคอมพิวเตอร์เชิงพรรณนา ปัจจุบันมีความคิดในเรื่องการเขียนโปรแกรมแบบจินตภาพ (Visual) และแบบเชิงวัตถุ (Object)

อย่างไรก็ดี ผู้ที่เขียนหรือทำงานทางคอมพิวเตอร์ได้ดี บางครั้งอาจไม่ต้องรู้ภาษาคอมพิวเตอร์ก็ได้ แต่เข้าใจหลักการ มีความคิด และใช้เครื่องมือช่วยในการพัฒนาซอฟต์แวร์

ดังนั้นอย่าเข้าใจว่าจะเป็นโปรแกรมเมอร์ที่ดีได้ต้องเรียนรู้การเขียนโปรแกรมและเน้นตามแฟชั่น เช่นในปัจจุบันก็เน้นว่าต้องเขียนโปรแกรมด้วย VB ได้ ความจริงแล้วเป็นเรื่องชั่วขณะ ผู้รู้จักวิธีใช้ VB อย่างดีอาจนำมาเขียนโปรแกรมประยุกต์ใช้งานตามที่ต้องการไม่ได้ เช่น หากให้เขียนโปรแกรมระบบบัญชีของบริษัท จำเป็นต้องรู้หลักการและเรื่องที่จะจินตนาการสภาพการทำงานต่าง ๆ การคิดคำนวณในแต่ละขั้นตอน เป็นต้น และสิ่งที่สำคัญคือ งานทางด้านซอฟต์แวร์เป็นงานซับซ้อนต้องทำเป็นทีม มีระบบแบ่งงานและจัดการ ซึ่งเราจึงให้ความสำคัญในเรื่องของวิศวกรรมซอฟต์แวร์

โครงสร้างข้อมูล และทฤษฎีการคำนวณเชิงเลข

คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องจักร เป็นเครื่องจักรแบบ Store Program Control คือทำงานตามโปรแกรม การทำงานเป็นการนำข้อมูลจากหน่วยความจำมาคิดคำนวณให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

หากพิจารณาโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์พบว่า มีข้อจำกัดในเรื่องต่าง ๆ โดยเฉพาะการจัดเก็บในหน่วยความจำต่าง ๆ ดังนั้นจึงต้องเข้าใจว่าวิธีการนำข้อมูลเข้าไปจัดเก็บ เทคนิคการวางโครงสร้างข้อมูลเพื่อให้คำนวณโดยง่าย หรือใช้ที่เก็บประหยัด

จากโครงสร้างข้อมูลที่เป็นพื้นฐานจึงมีแบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และการคำนวณก็จะเกี่ยวข้องกับข้อมูลเหล่านั้น ทฤษฎีการคำนวณตามข้อจำกัดของคอมพิวเตอร์มีมาก เพราะคอมพิวเตอร์ทำงานเป็นลำดับและตามโปรแกรม หลักการคิดคำนวณแบบลำดับจึงเป็นเรื่องที่จะต้องเข้าใจ

สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์

ถึงแม้ว่าไม่ได้เรียนมาทางวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์โดยตรง ผู้ที่สนใจทางด้านคอมพิวเตอร์ก็ควรรู้ในเรื่องโครงสร้างและสถาปัตยกรรมของคอมพิวเตอร์ การที่จะให้คอมพิวเตอร์ทำงานที่ดีได้ จำเป็นต้องเรียนรู้โครงสร้างและสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะนำคอมพิวเตอร์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเข้าใจสภาพข้อจำกัดในการทำงานต่าง ๆ

การจะเป็นนักคอมพิวเตอร์ที่ดีโดยไม่รู้และเข้าใจในโครงสร้างคอมพิวเตอร์ย่อมเป็นไปไม่ได้ การเรียนรู้เฉพาะเรื่องการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยผูกพันธ์กับภาษาคอมพิวเตอร์ย่อมมีปัญหาและยากที่จะเขียนโปรแกรมให้ดีได้

สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์เป็นเรื่องที่อธิบายถึงหลักการคำนวณและวิธีการทำงานพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ โครงสร้างการจัดการกับหน่วยความจำและอินพุต เอาต์พุต การจัดการโครงสร้างของคอมพิวเตอร์เป็นพื้นฐานที่เสริมต่อที่ทำให้เข้าใจในเรื่องการดูแลและการปรับปรุงระบบ การจัดการที่ใช้ระบบปฏิบัติการหรือโอเอสที่ต้องเข้ามาดำเนินการกับอุปกรณ์ต่าง ๆ

หลักสูตรคอมพิวเตอร์กับการพัฒนาทางด้านไอที

โครงสร้างคอมพิวเตอร์ยังรวมไปถึงการจัดการอินพุตเอาต์พุตต่าง ๆ การจัดหน่วยความจำทั้งระบบ หน่วยความจำหลักและหน่วยความจำสำรอง เช่น ฮาร์ดดิสก์ หรือการจัดการข้อมูลระดับพื้นฐานบนฮาร์ดดิสก์ เป็นต้น

การที่จะเป็นนักคอมพิวเตอร์ที่ดีจึงต้องมีความรอบรู้ในเรื่องเฉพาะบางเรื่อง ยิ่งถ้ารู้ถึงกลไกบางอย่างโดยเฉพาะโครงสร้างพื้นฐานของไมโครโปรเซสเซอร์ได้ยิ่งดี ทั้งนี้เพราะเทคนิควิธีการต่าง ๆ ของไมโครโปรเซสเซอร์ทำให้เราหาคำตอบที่งุนงงในบางเรื่องได้ โดยเฉพาะการคำนวณเชิงตัวเลข การคิดเลขแบบจำนวนเต็ม แบบจำนวนจริง การคูณหารบวกลบตัวเลขต่าง ๆ รวมถึงข้อจำกัดบางอย่างที่อาจเกิดขึ้นกับการคำนวณ โดยเฉพาะการคำนวณภายใต้เงื่อนไขของตัวเลขที่มีกรอบจำนวนตัวเลขสูงสุด และการเกิดโอเวอร์โฟลว์ในตัวเลข

เทคนิคการแก้ปัญหาและอัลกอริธึม

การเขียนโปรแกรมกับวิธีการแก้ปัญหาเป็นคนละเรื่องกัน หลายคนอาจสับสนคิดว่าถ้าเขียนโปรแกรมได้ก็จะให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่เราต้องการได้ แต่ความเป็นจริงแล้ว ศาสตร์แห่งการแก้ปัญหารวมถึงเทคนิควิธีการแก้ปัญหาหรือที่เรียกว่าอัลกอริธึมนั้น ต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจ เช่น แผนที่ที่มีเส้นทางถนนเชื่อมเมืองต่าง ๆ ถ้าต้องการเดินทางจากเมืองหนึ่งไปยังอีกเมืองหนึ่งที่ระยะทางสั้นที่สุดจะทำได้อย่างไร

ผู้ที่จะเขียนโปรแกรมแก้ปัญหานี้ได้ จะต้องมีความรู้ในเรื่องโครงสร้างข้อมูลที่รู้ว่าจะแทนถนนกับเมืองในรูปข้อมูลคอมพิวเตอร์ได้อย่างไร โครงสร้างข้อมูลที่แทนลงไปมีลักษณะข้อดีข้อเสียอย่างไร เมื่อแทนข้อมูลได้แล้วก็ต้องเขียนโปรแกรมแก้ปัญหา จะเห็นว่าเทคนิควิธีการหรืออัลกอริธึมเข้ามาเกี่ยวข้อง ผู้ที่เขียนโปรแกรมหรือเรียนรู้ทางด้านโปรแกรมอาจแก้ปัญหานี้ไม่ได้ เพราะไม่รู้เทคนิคการแก้ปัญหา ศาสตร์แห่งการแก้ปัญหาจึงต้องเรียนรู้กัน และเป็นวิชาที่สำคัญมากวิชาหนึ่ง ในการเรียนรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ นักคอมพิวเตอร์ที่ดีจึงต้องรู้จักกับเทคนิควิธีการแก้ปัญหาเหล่านี้

ศาสตร์แห่งการเขียนโปรแกรมเป็นศาสตร์ที่ไดนามิก

ผู้เขียนอยากจะชี้ให้เห็นว่าศาสตร์แห่งการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วตามการพัฒนาของเทคโนโลยี การยึดติดกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งย่อมอันตรายและเป็นเรื่องที่เสียเวลากับการเรียนรู้

สิบกว่าปีก่อน มีการเรียนการสอนภาษาโคบอลและฟอร์แทรน แต่ปัจจุบันนี้หาคนรู้จักกับภาษาฟอร์แทรนหรือโคบอลได้น้อยมาก ต่อมามีการเรียนภาษาเฉพาะการทำงาน เช่น RPGII บางแห่งเรียนรู้ภาษาปาสคาล ภาษาโครงสร้างซึ่งอาจถือได้ว่าเป็นภาษาที่เป็นฐาน แต่จะเห็นได้ว่าเมื่อถึงเวลาใช้งานจริง มีผู้คนจำนวนหนึ่งใช้ภาษาซีเป็นเครื่องมือ

ต่อมามีความพยายามที่จะใช้ภาษาเชิงพรรณนา เช่น ภาษาลิฟต์ หรือโปรล็อก แต่ภาษาเชิงพรรณนาก็อยู่ได้ไม่นาน จนในปัจจุบันเริ่มใช้ยูสเซอร์อินเตอร์เฟสแบบ GUI ก็มีผู้พัฒนาภาษาเชิงจินตภาพ เช่น วิชวลเบสิก วิชวลซี เดลไฟ เป็นต้น ภาษาเชิงจินตภาพอาจดูเหมือนว่าจะนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะกับระบบที่ใช้วินโดวส์ แต่ถ้ามองการพัฒนาเชิงซอฟต์แวร์ยิ่งน่าตกใจ เพราะเทคนิควิธีการกำลังเน้นไปที่ออบเจ็กต์โอเรียนเต็ด โดยเฉพาะเน้นการคำนวณบนเครือข่ายที่เรียกว่า ดิสตริบิวเต็ดออบเจ็กต์ มีเทคนิคภาษาใหม่ที่พัฒนาการต่อมา เช่น จาวา มีการสร้างออบเจ็กต์แบบกระจายตามมาตรฐานใหม่ต่าง ๆ เช่น COM, DCOM, COBRA, JAVA BEAN นอกจากนี้มีการสร้างมาตรฐานที่จะรองรับการเขียนโปรแกรมแบบโอโอพี เช่น Unify Model Language หรือ UML

หากจะพิจารณาดูในเทคโนโลยีปัจจุบัน เครือข่ายคอมพิวเตอร์มีบทบาทสูงมาก มีโมเดลการคำนวณแบบไคลเอนต์เซิร์ฟเวอร์ การเขียนโปรแกรมจึงต้องกระจายและให้ทำงานร่วมกัน ยิ่งมีการกระจายเครื่องมากขึ้น เทคนิคความเข้าใจยิ่งต้องชัดเจน เช่น ในระบบมัลติมีเดียที่เป็นการคำนวณแบบกระจาย

เบราเซอร์จะเป็นยูสเซอร์อินเตอร์เฟสที่ทุกคนเรียกร้อง เบราเซอร์เป็นหน้าจอที่ทับซ้อนบนวินโดวส์ การแสดงผลบนเบราเซอร์ใช้เทคนิคการแปลภาษาเฉพาะ ดังนั้นการเรียนรู้เพื่อใช้งานกับเบราเซอร์ด้วยเทคนิคต่าง ๆ จึงต้องทำความเข้าใจด้วย

เห็นได้ชัดว่าภาษาคอมพิวเตอร์หรือเทคนิควิธีการเขียนโปรแกรมเปลี่ยนแปลงไปกับกาลเวลา การเขียนโปรแกรมจึงไม่อาจยึดติดกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง การเน้นการเรียนการสอนหรือพัฒนานักคอมพิวเตอร์จึงต้องปรับเปลี่ยนหรือสอนคนให้รู้จักกับการเรียนรู้มากกว่าที่จะสอนคนให้ใช้ภาษาหรือเขียนโปรแกรม

หากจะถามว่าแนวโน้มของการเขียนโปรแกรมในอนาคตเป็นเช่นไร ก็คงจะตอบได้ว่า แนวโน้มในอนาคตนั้นการเขียนโปรแกรมเน้นวิธีการใช้เครื่องมือ เครื่องมือที่มีผู้พัฒนาให้ใช้ในการสร้างโปรแกรม เช่น หากเราจะสร้างระบบงาน เราก็เรียนรู้กับเครื่องมือที่ใช้สำหรับการสร้าง

หลักสูตรคอมพิวเตอร์กับการพัฒนาทางด้านไอที

ระบบงาน มีบริษัทที่พัฒนาเครื่องมือเหล่านี้ให้เราใช้อยู่มากมาย และที่สำคัญคือ การใช้เครื่องมือสมัยใหม่เหล่านี้บางครั้งไม่ง่ายอย่างที่หลายคนคิด ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้ เวลาในการเรียนรู้ขึ้นอยู่กับฐานความรู้ของผู้นั้น ดังนั้นถ้าเราไม่สามารถสร้างฐานแห่งความรู้ที่ดีได้ การเรียนรู้นั้นก็จะเป็นเรื่องที่น่าเสียดาย

อนาคตเป็นเรื่องของเครือข่าย

การจะเป็นนักคอมพิวเตอร์หรือมีอาชีพเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันนี้โดยไม่รู้เรื่องเทคโนโลยีเครือข่ายเลยไม่ได้ เทคโนโลยีเครือข่ายเข้ามามีบทบาทที่สำคัญ นักโปรแกรมคอมพิวเตอร์สมัยใหม่ต้องเรียนรู้และเข้าใจหลักการของเครือข่ายการทำงานในเรื่องการสื่อสารข้อมูล การรับส่ง และเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์

เทคโนโลยีเครือข่ายได้รับการพัฒนาให้ก้าวหน้าตลอดเวลา มีเทคโนโลยีใหม่เกิดขึ้นและมีบทบาทสำคัญ หากจะดูบทบาทและความสำคัญของเทคโนโลยีเครือข่ายก็คงจะเห็นผลจากอินเทอร์เน็ต อินทราเน็ต มีการประยุกต์ใช้งานบนเครือข่ายได้มากมาย

ลองจินตนาการดูว่า ถ้าเราจะต้องเขียนโปรแกรมให้ทำงานบนเครือข่ายได้นั้น เราจะต้องเรียนรู้อะไรบ้าง แน่นอนที่สุด เราจะเกี่ยวข้องกับมาตรฐานการรับส่งข้อมูลที่เรียกว่าโปรโตคอล การรับส่งข้อมูลเป็นไปตามเงื่อนไขเฉพาะอย่างมากมายที่จะต้องเรียนรู้ เครือข่ายคอมพิวเตอร์จึงเป็นเทคโนโลยีมีขอบเขตกว้างขวางมาก ตั้งแต่ระบบการเชื่อมโยงไฟฟ้า วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ไปจนถึงระบบซอฟต์แวร์ที่จัดการให้ทำงาน รวมถึงระดับการรับส่งข้อมูลภายในเครือข่ายที่มีอุปกรณ์อื่น ๆ ประกอบอีกมากมาย มีตั้งแต่เราเตอร์ บริดจ์ สวิตช์ เอทีเอ็ม มีระบบการจัดการเครือข่ายตามหลักของโปรโตคอลแบบต่าง ๆ

หากจะเขียนโปรแกรมขึ้นใช้งานในรูปแบบการจัดการข้อมูลก็จำเป็นต้องเรียนรู้ตั้งแต่หลักการของไคลเอนต์เซิร์ฟเวอร์ การเขียนโปรแกรมให้กระจายการทำงานหรือใช้งานร่วมกันในองค์กร ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในองค์กรทุกแห่งล้วนแล้วแต่เป็นระบบคอมพิวเตอร์ด้วยกันทั้งสิ้น

เทคโนโลยีเครือข่ายเป็นดาวรุ่งที่มีการเรียนการสอนกันทั่วไป ในหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ของทุกสถาบันจึงต้องบรรจุหลักสูตรในส่วนของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไว้ด้วยเสมอ และที่สำคัญคือ มักจะมีมากกว่าหนึ่งรายวิชา

หลักการจัดการฐานข้อมูล

ก็ต้องยอมรับว่าการใช้งานทั่วไปในเรื่องธุรกิจหรือองค์กร เป็นเรื่องของการนำเอาคอมพิวเตอร์ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องสารสนเทศ ซึ่งก็คือการประมวลผลข้อมูลข่าวสาร ดังนั้นทุกองค์กรจึงเกี่ยวข้องกับเรื่องการจัดการฐานข้อมูล มีตั้งแต่ระบบข้อมูลที่ไม่ซับซ้อนมากนักจนถึงระบบข้อมูลที่ซับซ้อน หลักการจัดการฐานข้อมูลเป็นศาสตร์ที่สำคัญและมีการเรียนการสอนกันในเนื้อหาหลัก เริ่มจากการแทนข้อมูล การจัดการแฟ้มข้อมูล การสร้างความสัมพันธ์ การลดความซ้ำซ้อน รวมถึงการทำโครงสร้างข้อมูลให้ง่ายต่อการประมวลผล รวมถึงระบบจัดการฐานข้อมูลที่ง่ายต้องเพิ่ม ลด แก้ไข เปลี่ยนแปลงข้อมูล การทำรายงาน และการเรียกใช้ข้อมูล

ระบบจัดการฐานข้อมูลในยุคนี้ใช้โปรแกรมที่บริษัทชั้นนำพัฒนาเข้ามาช่วย ดังนั้นจึงต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจจากสิ่งที่มีผู้ทำให้ใช้ ซึ่งใช้ในเรื่องการจัดการโครงสร้างฐานข้อมูล

กว่าจะเป็นนักคอมพิวเตอร์ได้

ผู้เขียนขี้ให้เห็นว่า การที่จะเป็นนักคอมพิวเตอร์ที่ดีได้คงต้องอาศัยความตั้งใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน ประจวบกับเวลาที่ต้องใช้ในการเรียนรู้ การจะสร้างบุคลากรทางคอมพิวเตอร์ได้นั้น คงต้องมีการวางแผนและชี้นำแนวทางในการพัฒนาบุคลากร ต้องสร้างพื้นฐานและวิธีการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นให้ได้

ผู้เขียนเชื่อว่า ทุกคนสามารถเป็นนักคอมพิวเตอร์ได้ ถ้ามีความตั้งใจและมีความสนใจใฝ่หาเล่าเรียน หรือหาหนทางในการเรียนรู้ศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง สิ่งที่กล่าวมานี้เป็นเพียงแนวทางชี้ให้เห็นว่า หากประเทศไทยต้องการสร้างบุคลากรทางคอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะรองรับการพัฒนาประเทศ พัฒนาอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์แล้ว คงจะต้องมีการเตรียมการและพัฒนากันให้ถูกทาง ไม่ใช่ปล่อยให้เป็นไปในลักษณะโฆษณาชวนเชื่อว่าภายในหกเดือนจะสร้างนักคอมพิวเตอร์จากพื้นฐานได้

ก็อยากให้มีการไตร่ตรองดูให้ดี และที่สำคัญคือ ไม่อยากให้หลงเดินทางผิด ซึ่งจะทำให้เสียทั้งเวลาและโอกาส

อย่าผูกพันธ์กับเทคโนโลยีใด เพราะทุกอย่างไม่จีรัง การสร้างคนต้องสร้างให้เรียนรู้หรือพัฒนาตนเองได้

และที่สำคัญคือ การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ต้องทำแบบมีแผนและยั่งยืน ไม่ใช่ทำแบบเฉพาะหน้า